



УДК 004.94;69;72

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-74-83



Технологии информационного моделирования BIM в строительстве и архитектуре: анализ мирового и отечественного опыта

М.Е. Дымченко ✉, А.А. Наумов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ kapitel1073@yandex.ru

Аннотация

Введение. Актуальность темы исследования обусловлена существующими пробелами в современной архитектуроведческой концептуализации инновационных цифровых технологий, позволяющих оптимизировать процесс реконструкции здания Сиднейского оперного театра и реставрации Иоанно-Богословского храма в Ростовской области. Создание виртуальной копии здания упрощает работы по его возможной реконструкции. Цель исследования — изучить взаимосвязь информационной модели с применением цифрового формата IFC здания Сиднейского оперного театра и Иоанно-Богословского храма в ст. Грушевской Ростовской области с формированием проектов продления их жизненного цикла.

Материалы и методы. Методологическая база исследования включает в себя традиционные научные методы, а также характеризующие современное архитектуроведение междисциплинарные подходы. Материалом исследования является эволюция принципов проектирования объектов капитального строительства, реконструкции и модернизации на примере технологий информационного компьютерного моделирования (BIM), а также опыт применения компьютерных технологий в реконструкции и перевооружении строительных объектов. В работе использована компьютерная модель здания Сиднейского оперного театра и фотофиксация архитектурных элементов, деталировки, фрагментов фасадов исторических зданий при разработке модели Иоанно-Богословского храма и проекта вновь возводимого объекта — надвратной колокольни.

Результаты исследования. Установлено доминирование BIM над традиционными методами проектирования, которое выражается в возможности цифрового моделирования и расчетов переоснащения объектов новыми инженерными системами с целью приведения характеристики эксплуатируемого оборудования к современному уровню требований и оценки текущего состояния конструкций и сооружений, определяющего комплекс мероприятий по реставрации и реконструкции.

Обсуждение и заключение. В статье охарактеризована взаимосвязь структурации перемещения показателей информационной модели здания между дифференциальными программами, участвующими в ее создании, с применением формата IFC. Архитектурно-строительное проектирование с помощью новых технологий адаптирует и рационализирует возведение, эксплуатацию, реконструкцию объектов капитального строительства с целью эффективного управления жизненным циклом объектов строительства.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, BIM, проектирование, жизненный цикл, закономерности формообразования, реконструкция

Благодарности: авторы выражают благодарность заведующему кафедрой «Строительные материалы» В.Д. Котляру, доктору технических наук, профессору, члену Академии технической эстетики и дизайна, чей творческий эмпирический метод, критическая оценка представленных материалов и высказанные предложения по их совершенствованию способствовали значительному повышению качества настоящей статьи.

Для цитирования. Дымченко М.Е., Наумов А.А. Технологии информационного моделирования BIM в строительстве и архитектуре: анализ мирового и отечественного опыта. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(3):74–83 https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-74-83

Original article

Building Information Modelling (BIM) Technologies in Construction and Architecture: International and National Experience

Marina E. Dymchenko ✉, **Aleksey A. Naumov**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ kapitel1073@yandex.ru

Abstract

Introduction. The relevance of the research is induced by the gaps existing in the modern Architectural Science with regard to the conception of innovative digital technologies capable to optimise the reconstruction of the Sydney Opera House and the restoration of the St. John the Theologian Church in the Rostov region. Creating a digital twin of a building simplifies the work on its possible reconstruction. The research is targeted at studying the interrelation of the digital IFC models of the Sydney Opera House and the St. John the Theologian Church in Grushevskaya Cossack village, Rostov region, complemented by creation of their lifecycle-extending projects.

Materials and Methods. The methodological base of the research includes the traditional scientific methods, as well as the interdisciplinary approaches used in the modern Architectural Science. The work studies progress in the designing, reconstruction and modernisation principles of the objects of capital construction, on the example of the building information modelling technologies (BIM), as well as the experience of using computer technologies in reconstruction and re–equipping the construction facilities. The computer model of the Sydney Opera House building, along with the photographic evidence of architectural elements, detail drawings, historical buildings' facade fragments were used in the research for elaborating the St. John the Theologian Church model and designing the new facility — the gate bell tower.

Results. The excellence of BIM over the traditional designing methods has been established, which is expressed in the possibility to perform digital modelling and make calculations on re-equipping the facilities with the modern engineering systems aiming to bring the parameters of the operated equipment in compliance with the up-to-date level of requirements and assessments accepted for the current state of constructions and structures, which determines the range of restoration and reconstruction measures.

Discussion and Conclusion. The article describes the interrelation in structuring the transfer of building information model parameters among the differential programmes involved in the model creation using the IFC format. Application of advanced technologies in the architectural design and construction adjusts and rationalises the processes of construction, operation and reconstruction of the objects of capital construction aiming to manage their life cycle efficiently.

Keywords: information modelling technologies, BIM, designing, life cycle, regularities of creating a form, reconstruction

Acknowledgements: the authors express gratitude to the Head of the Building Materials Department VD Kotlyar, Dr.Sci.(Engineering), Professor, Fellow of the Academy of Technical Aesthetics and Design, whose creative empirical method, critical assessment of the presented materials and suggestions for their improvement contributed to the significant improvement of the article quality.

For citation. Dymchenko ME, Naumov AA. Building Information Modelling (BIM) Technologies in Construction and Architecture: International and National Experience**.** *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(3):74–83. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-74-83

Введение. В настоящее время, когда максимальная эффективность в архитектуре и строительном процессе обеспечивается инновациями, все чаще поднимается тема новых методик проектирования зданий и сооружений. Ведутся дискуссии о применении технологий информационного моделирования (BIM) как нового витка в истории проектирования. Стоит отметить, что перед мировой строительной отраслью, включающей огромное наследие возведенных зданий и сооружений, наиболее остро выдвигается проблема капитального ремонта, реконструкции или реставрации объектов капитального строительства.

В мировой практике с глобальным инкорпорированием информационного моделирования инициализировалась и апробация BIM к объектам капитального строительства. В Российской Федерации данный вопрос изучали и комментировали Талапов В.В., Мовчан Д.А., Габидулин В.М., Ануфриев Д.П., Золина Т.В., Боронина Л.В., Купчикова Н.В., Жолобов А.Л., Козлова Т.И. и др. [1–9].

Но освещения концепции корректировки инновационных технологий недостаточно. В исследовании авторы обращаются к научным методам: индукции, дедукции и сравнительному анализу.

Цель исследования — изучить взаимосвязь влияния новейших цифровых технологий на опыт проектирования, реконструкции и реставрации как базис при формировании проектов продления их жизненного цикла и при разработке концептов вновь возводимых объектов, встраиваемых в существующую историческую застройку.

Материалы и методы. Необходимо рассмотреть некоторые примеры применения информационного моделирования в реставрации и реконструкции — проанализировать опыт апробации компьютерных технологий при реконструкции Сиднейского оперного театра, а также их применение при реставрационном проектировании храма, освященного во имя святого апостола и евангелиста Иоанна Богослова, расположенного на территории Ростовской области в станице Грушевской.

Здание Сиднейского оперного театра — признанное достижение мировой архитектуры, объект капитального строительства с эксклюзивным формообразованием, символ Австралии. В ходе эксплуатации выполнена информационная модель, предназначенная для проведения потребовавшейся реконструкции объекта.

В 1957 г. на конкурсе в Сиднее лидировал проект молодого датского архитектора Йорна Утзона, утверждавшего, что линии будущего театра он «нашел» в то время, когда очищал апельсин от кожуры и разламывал его на дольки. Историю строительства оперного театра в Сиднее сопровождало множество проблем.

Для возведения данного инновационного проекта (рис. 1) понадобилось затрат труда в 3,5 раза больше и денежных средств в 14 раз больше от запланированных. Согласно строительной документации, планировали построить объект за 4 года при финансовых затратах 7 миллионов австралийских долларов. В действительности здание возводили 14 лет, а затраты на его возведение составили 102 миллиона австралийских долларов. Эксперты полагают, что это абсолютный рекорд ошибок, допущенных при строительстве капитального объекта.

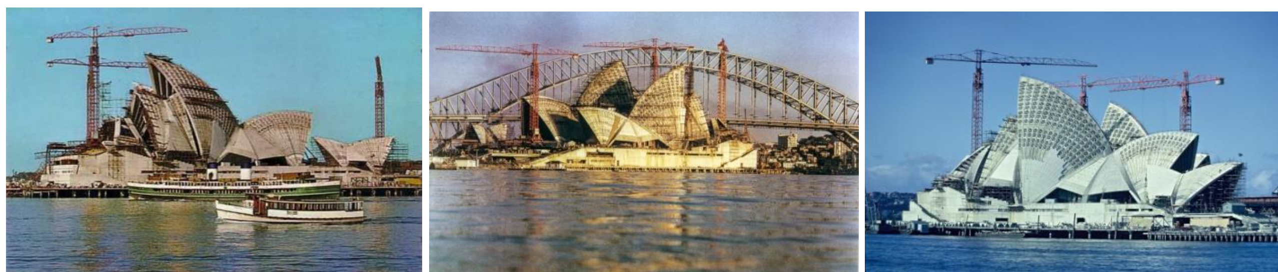
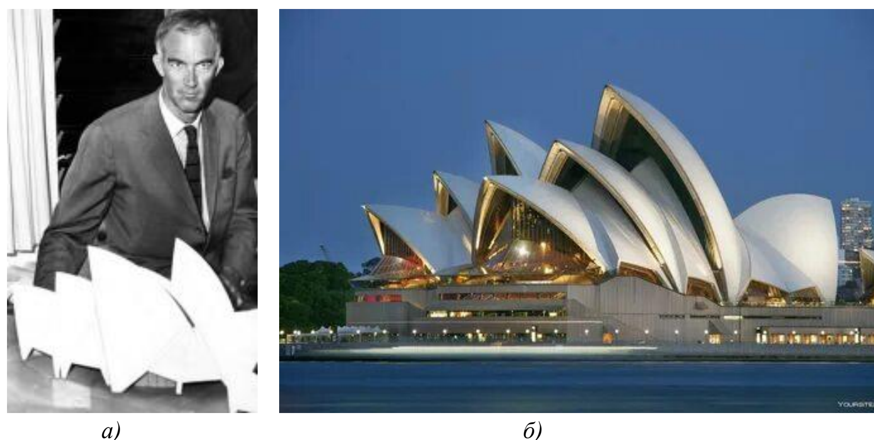


Рис. 1. Этапы строительства театра оперы в Сиднее[1]

Мнение инженеров-конструкторов середины XX века заключалось в том, что огромные параболы, обрамляющие контуры кровли, по технологическим причинам нельзя возвести в бетоне. В то время еще отсутствовали компьютерные технологии архитектурно-строительного проектирования (технологии BIM) зданий и сооружений с нелинейными формами, поэтому для экспозиции объемно-пространственного архитектурного объекта в масштабе у архитектора имелся макет из картона (рис. 2 *а*). Однако австралийские архитекторы и инженеры фирмы «Arup» во главе с Питером Райсом сделали сложнейшие компьютерные расчёты и помогли довести строительство до логического конца (рис. 2 *б*).



а) *б)*

Рис. 2. Этапы проектирования здания Сиднейской оперы: *а* — Йорн Утзон, архитектор с макетом здания[2]; *б* — здание оперы в Сиднее[3]

[1] La ópera de Sídney – Kurioso. Pinterest: [сайт]. 2023. URL: https://ru.pinterest.com/pin/740560732445880683/ (дата обращения: 26.06.2023).
[2] 8 фактов о Сиднейском оперном театре, автор которого выбросил все его чертежи в океан. Novate: [сайт]. 2023. URL: https://novate.ru/blogs/280721/59809/ (дата обращения: 01.09.2023)
[3] Оперный театр в Сиднее: [сайт]. 2023. URL: https://mykaleidoscope.ru/x/mesta-i-dostoprimechatelnosti/4324-opernyj-teatr-v-sidnee-58-foto.html (дата обращения: 02.09.2023)

Современные специалисты в области строительства и архитектуры имеют четкое представление, что отсутствие BIM-технологий создавало и создает множество проблем при проектировании, подборе строительных материалов, расчетах нагрузок, организации строительства (сложные инженерные и технологические расчёты, перерасходы средств и т. п.).

В начале 2000-х годов зданию театра, проектный эксплуатационный срок которого составлял 250 лет, «исполнилось» тридцать лет, при этом инженерные сети имели существенный физический износ и перестали отвечать современным требованиям. Сильно изменились основополагающие требования и методы эксплуатации подобных зданий. Поэтому встал вопрос о реконструкции и перевооружении оперного театра.

Перед инженерами ставились задачи, которые возможно решить с помощью технологий BIM. Необходимо было создавать информационную модель существующего объекта. Эта технология решает сразу две задачи:

– создание проекта реконструкции объекта и перевооружение театра новейшим оборудованием;

– эксплуатация оборудования и здания на новом технологическом уровне.

В 2002 г. фирмы «UtzonArchitects», «JohnsonPiltonWalker» и инженерная компания «Arup», сохранившая необходимую информацию со времен строительства, приступили к проекту по реконструкции оперного театра в Сиднее.

Стоит отметить, что к работе над проектом приступил Австралийский исследовательский центр по строительным инновациям (CRC), перед которым стояла задача модернизации проектируемой информационной модели с целью регулирования работы инженерных систем и контроля за эксплуатацией здания (AM/FM).

Цель использования BIM-макета для эксплуатации и обслуживания здания достигалась созданием комплексной модели, которая состоит из конструктивной формы и вспомогательных частей, соответствующих всем поставленным задачам.

Обоснованность данной дифференциации одной модели на несколько частей определилась следующими факторами:

– цели разделов AM/FM вынуждали использовать дополнительные данные, не учтенные в проектной документации;

– конструкторская документация не использовалась для управления и обслуживания здания оперного театра.

Всем подрядчикам, работавшим над проектом, выдавались данные в формате IFC. Также стоит отметить, что обмен данными происходил благодаря той же системе IFC [4].

Одной из особенностей BIM-модели описываемого объекта являлось то, что все разделы модели создавались в различных программах информационного моделирования, однако обмен выполнялся с помощью ранее упомянутого IFC (рис. 3).

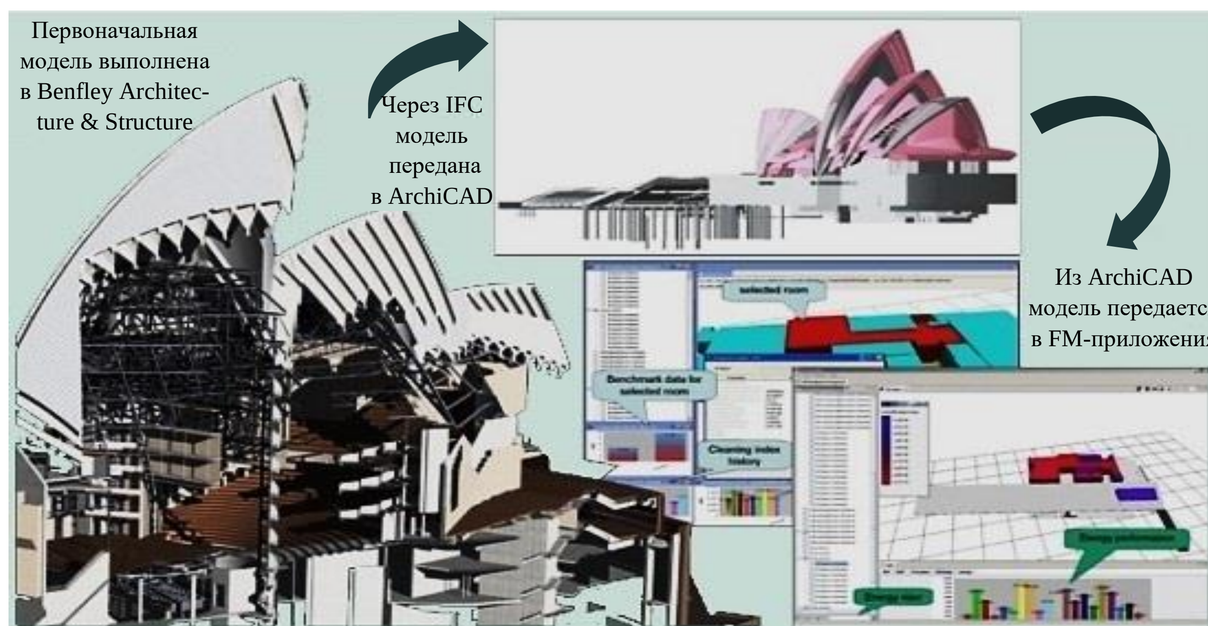


Рис. 3. Структурация перемещения показателей (сведений) информационной модели здания между дифференциальными программами, участвующими в ее создании, с применением формата IFC

При построении информационной модели учитывалось специфическое месторасположение объекта (мыс, располагающийся в океане). Проводили инженерный мониторинг с точной геодезической привязкой здания и проектированием модели на основе GIS-систем. В модели объединялись данные кадастра, землепользования,

геологии и другая информация из разных источников местного и федерального значения, которые были получены в разных GIS-форматах и переведены в IFC-файлы. (IFC используется при управлении объектами капитального строительства, поскольку он представляет собой текстовый формат, совместимый с любой ERP-системой).

Конструктивная подмодель объекта состояла большей своей частью из проектной документации. Моделировали проект реконструкции здания в программах BentleyArchitecture и BentleyStructure. Вскоре данная подмодель была передана в ArchiCAD, где специалисты создали архитектурную часть информационной модели (рис. 4).

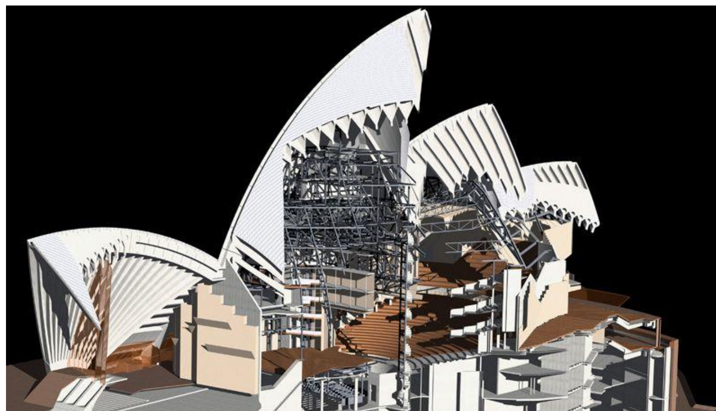


Рис. 4. Здание оперного театра; разрез, компьютерная модель[4]

Далее из архитектурной части BIM-модели в формате IFC информация передавалась в специальные FM-программы, которые помогали в управлении и эксплуатации объекта. При создании информационной модели театра большое внимание уделяли графической детализации данных, выраженных в численном и цифровом понимании. Так, индекс состояния здания (Building Condition Index, BCI) выполнял функцию количественной оценки состояния объекта. Колористическое воспроизведение технического состояния объекта (параметра BPI (составной части BCI) в типизированном FM-приложении) позволяет легко ориентироваться в текущей ситуации инженерного состояния объекта и управлять жизненным циклом театра (рис. 5).

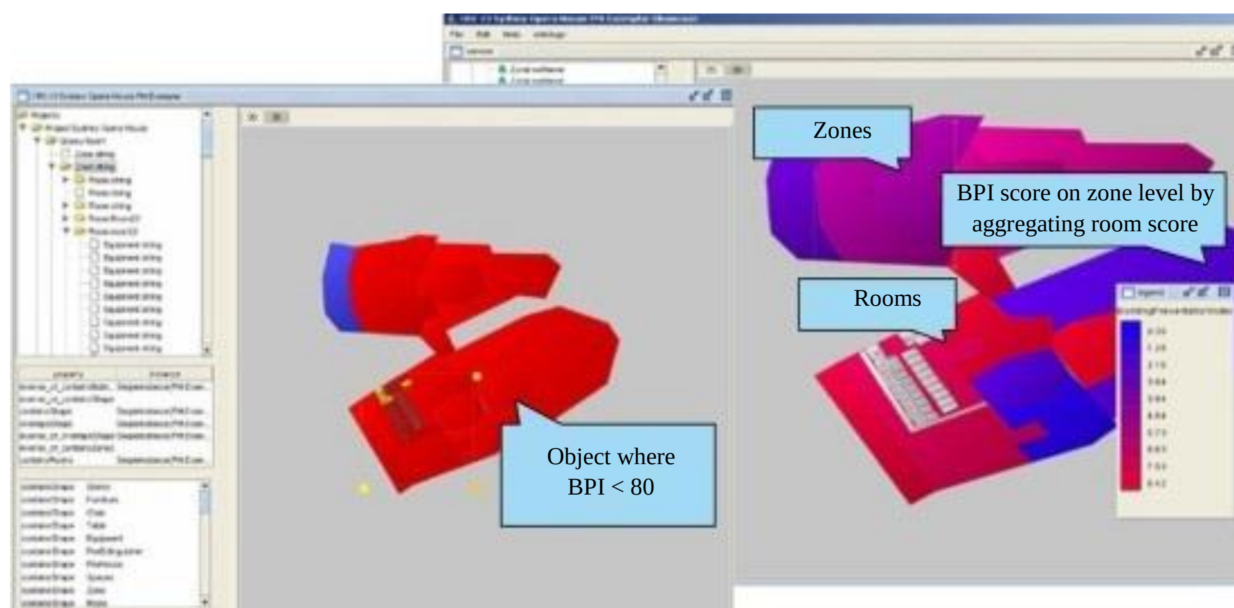


Рис. 5. Колористическое воспроизведение (изображение) параметра BPI (составной части BCI) в типизированном FM-приложении (дополнении)

Следующим примером использования информационного моделирования является его применение при реконструкции объекта культурного наследия регионального значения — Иоанно-Богословского храма в ст. Грушевской Ростовской области. Этот храм был построен по проекту архитектора Куликова в 1901 г. После закрытия

[4] LA ÓPERA DE SÍDNEY. Pinterest: [сайт]. 2023. URL: https://pinterest.com/pin/200128777165013361 (дата обращения: 05.07.2023)

храма в 1957 г. была сломана крыша, имеются частичные разрушения фасадов здания, колокольни. Сегодня полуразрушенному зданию церкви необходима реставрация (рис. 6).



Рис. 6. Объект культурного наследия регионального значения
Иоанно-Богословский храм в ст. Грушевской Ростовской области. 1901 г. п. Архитектор Куликов.
Фотофиксация и модель храма

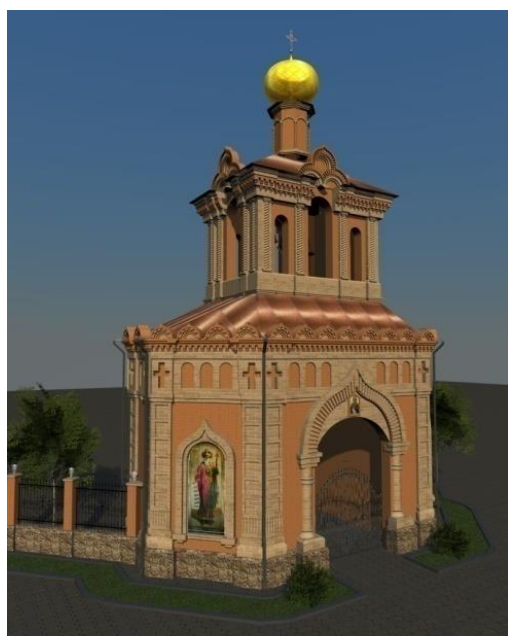
Внешнее состояние памятника архитектуры всегда имеет первостепенное значение. С этой целью информационная модель здания, созданная для реставрационного проектирования, должна иметь точную геометрию объекта, сделанную в одной из BIM-программ. При дальнейшей разработке проектной документации такая модель станет основой для других разделов.

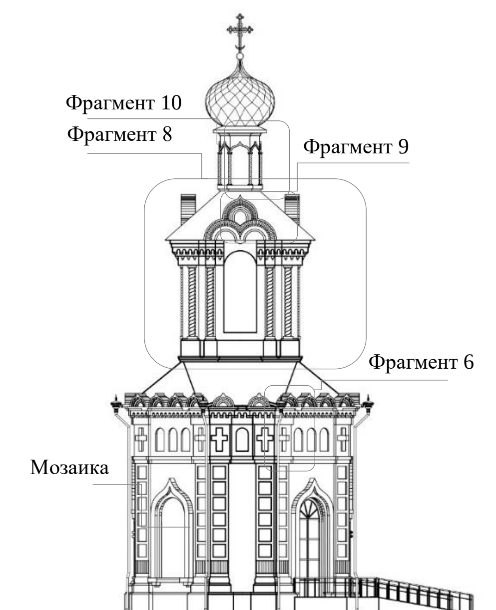
Поэтому более наглядно видна тенденция развития использования BIM комплексов в работе студентов и инженеров. Так постепенно студенты обретают профессиональный опыт в создании проектных моделей объектов капитального строительства и памятников архитектуры.

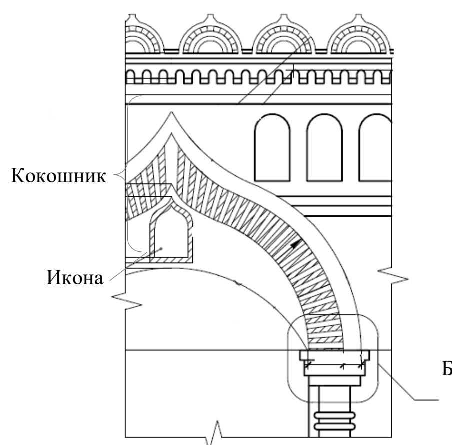
Результаты исследования. Элементы архитектурного декора объектов капитального строительства, историко-культурного значения и наследия зодчих уникальны, эксклюзивны, оригинальны и в современной действительности уже довольно редки. Для управления жизненным циклом таких объектов не обойтись без BIM-технологий. Субстанциональные основы в BIM-технологиях полностью целесообразно синтезировать индивидуально для объектов капитального строительства историко-культурного значения и наследия зодчих. Создание компьютерного макета таких объектов — исключительно важная компетенция инженеров-строителей, проектировщиков, архитекторов-реставраторов.

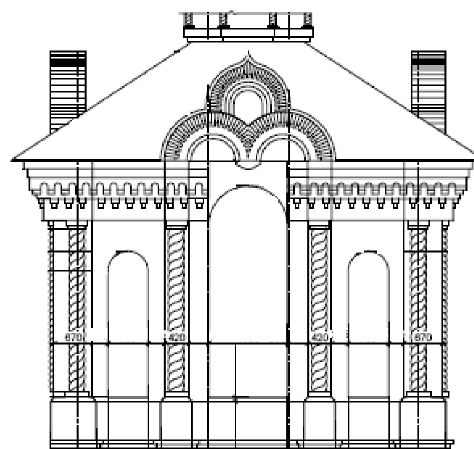
Реконструкция представляет не отдельный макет, но собранные в процессе компьютерного моделирования архитектурные элементы, деталировки, фрагменты фасадов зданий. Это позволяет сформировать актуальную библиотеку элементов, деталей, составляющих многообразные уникальные архитектурные стили, что станет фундаментальной и эффективной основой последующего моделирования при капитальном ремонте объектов строительства, реконструкции и реставрации.

Актуально применение декоративных архитектурных элементов, деталировки, фрагментов фасадов исторических зданий при выполнении проектов вновь возводимых объектов (рис. 7), встраиваемых в существующую историческую застройку, и реконструкции объектов капитального строительства, для создания архитектурных ансамблей. Это упрощает инженерам-проектировщикам возможность учитывать архитектурную стилистику.









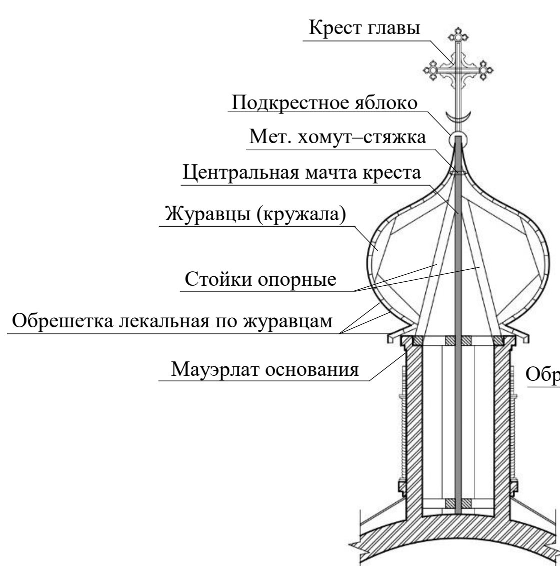




Рис. 7. Компьютерное моделирование вновь возводимого объекта — надвратной колокольни

BIM-технологии — на сегодняшний день удобный и мощный инструмент, который решает одну из главнейших задач — сохранение единой архитектурной среды для объектов разных исторических эпох.

Наряду с этим можно констатировать, что информационное моделирование гарантирует вновь построенным зданиям современные эксплуатационные качества и оптимальное инженерное оборудование. Сконцентрированные в библиотеках разнообразные архитектурно-стилевые элементы синтезируют при проектировании с ранее автоматически авторизованными техническими и экономическими показателями.

Обсуждение и заключение. В наши дни в Европейских государствах и в странах Американского континента в инженерно-строительное и архитектурное проектирование стремительно внедряются BIM-технологии [10–19]. Технология информационного моделирования в управлении строительством позволяет объединить объекты различного назначения в единую информационную модель [12]. В России на данный момент существует ряд проблем, замедляющих процесс повсеместного внедрения BIM [13]. Для управления жизненным циклом объектов капитального строительства историко-культурного значения и наследия зодчих обязательно требуется их эксплуатационная оптимизация к актуальным условиям, т. е. фундаментальности, энергоэффективности, эргономичности, пожаробезопасности и т. п. Безусловно, эффективно решить проблематику такой эксплуатационной оптимизации исторических зданий, которая сегодня приобретает возрастающий масштаб, и задачи управления жизненным циклом таких объектов возможно посредством BIM-технологий.

Сравнительный анализ рассмотренных примеров из новейшей истории строительства и архитектуры важен и обоснован, необходим для констатации сложности активно эксплуатируемого капитального здания и управления жизненным циклом объектов строительства.

Новые технологии информационного моделирования в строительстве позволяют:

– упростить и улучшить процесс строительства и реконструкции;

– более эффективно планировать, визуализировать и управлять проектом;

– повысить эффективность, сократить затраты и достичь более качественных результатов в архитектурно-строительных и реконструкционных проектах;

– повысить эффективность в управлении жизненным циклом объектов строительства.

Список литературы

1. Талапов В.В. *Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий*. Москва: ДМК-Пресс; 2011. 391 с.

2. Талапов В.В. *Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий*. Москва: ДМК-Пресс; 2015. 410 с.

3. Мовчан Д.А. *Технология BIM для архитекторов. САПР от А до Я*. Москва: ДМК-Пресс; 2013.

4. Габидулин В.М. *Трехмерное моделирование в AutoCAD.* Москва: ДМК-Пресс; 2016.

5. Ануфриев Д.П., Золина Т.В., Боронина Л.В., Купчикова Н.В., Жолобов А.Л. *Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений.* Д.П. Ануфриева (ред.). Москва: АСВ; 2013. 208 с.

6. Ануфриев Д.П., Купчикова Н.В. Эффективные строительные конструкции и технологии на Каспийском инновационном форуме-2009. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2009(5):48–50.

7. Козлова Т.И., Талапов В.В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры. *Международный электронный научно-образовательный журнал "AMIT"*. 2009;3(8):4.

8. Талапов В.В. О некоторых закономерностях и особенностях информационного моделирования памятников архитектуры. *Международный электронный научно-образовательный Журнал «AMIT»*. 2015;2(15):11. URL: https://marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/talapov/abstract.php (дата обращения: 03.07.2023).

9. Азаров Б.Ф. Использование технологии наземного лазерного сканирования при обследовании зданий и сооружений. *Ползуновский альманах*. 2017(2):34–37.

10. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.Ф. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий). *Инженерный вестник Дона.* 2017;2. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057 (дата обращения: 07.06.2023).

11. Гришина Н.М., Мицко Д.И. Разработка и внедрение BIM-стандарта: исследование методов управления в строительстве. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета.* 2017;3(41):266–276. URL: https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhernala/novye-vypuski-za-2-goda?annot=sod3_2017&idizv=43 (дата обращения: 09.06.2023).

12. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России. *Строительство и техногенная безопасность*. 2019;14(66):7–14.

13. Ahmed S. Barriers to Implementation of Building Information Modeling (BIM) to the Construction Industry: A Review. J. *Civil Eng. Construct.* 2018;7(2):107–113. https://doi.org/10.32732/jcec.2018.7.2.107

14. Шарманов В.В., Мамаев А.Е., Болейко А.С., Золотова Ю.С. Трудности поэтапного внедрения BIM. *Строительство уникальных зданий и сооружений.* 2015(10):108–120. https://doi.org/10.18720/CUBS.37.8

15. Ghaffarianhoseini A., Tookey J., Ghaffarianhoseini A., Naismith N., Azhar S., Efimova O., et al. Building Information Modelling (BIM) Uptake: Clear Benefits, Understanding its Implementation, Risks and Challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017;75:1046–1053. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083

16. Козлова Т.И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике. *Вестник Томского государственного университета. История*. 2013;3(23):33–37.

17. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. *BIM Handbook. Second edition.* NJ: Wiley; 2011. 626 p.

18. Krygiel E., Niec B. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling.* NJ: Wiley; 2008. 310 p.

References

1. Talapov VV. *Osnovy BIM: Vvedenie v Informatsionnoe Modelirovanie Zdanii.* Moscow: DMK-Press; 2011. 391 p. (In Russ.).

2. Talapov VV. *Tekhnologiya BIM: Sut' i Osobennosti Vnedreniya Informatsionnogo Modelirovaniya Zdanii*. Moscow: DMK-Press; 2015. 410 p. (In Russ.).

3. Movchan DA. *Tekhnologiya BIM dlya Arkhitektorov. SAPR ot A do Ya*. Moscow: DMK-Press; 2013. (In Russ.).

4. Gabidulin VM. *Trekhmernoe Modelirovanie v AutoCAD*. Moscow: DMK-Press; 2016. (In Russ.).

5. Anufriev DP, Zolina TV, Boronina LV, Kupchikova NV, Zholobov AL. *Novye Konstruktsii i Tekhnologii pri Rekonstruktsii i Stroitel'stve Zdanii i Sooruzhenii*. Anufrieva DP (ed.). Moscow: ASV Publ.; 2013. 208 p. (In Russ.).

6. Anufriev DP, Kupchikova NV. The Efficient Structural Elements and Structures and the Technologies Concerned at the Caspian Innovation Conference-2009. *Stroitel'nye Materialy, Oborudovanie, Tekhnologii XXI Veka*. 2009;(5):48–50. (In Russ.).

7. Kozlova TI, Talapov VV. Opyt Informatsionnogo Modelirovaniya Pamyatnikov Arkhitektury. *International Electronic Scientific - Educational Journal "AMIT".* 2009;3(8):4. (In Russ.).

8. Talapov VV. On Some Principles and Characteristics of Information Modeling of Architectural Monuments. *International Electronic Scientific - Educational Journal "AMIT".* 2015;2(15). (In Russ.). URL: https://marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/talapov/abstract.php (accessed: 03.07.2023).

9. Azarov BF. Ispol'zovanie Tekhnologii Nazemnogo Lazernogo Skanirovaniya pri Obsledovanii Zdanii i Sooruzhenii. *Polzunovskii Al'manakh*. 2017;(2):34–37. (In Russ.).

10. Petrov KS, Kuz'mina VA, Fedorova KF. Problemy Vnedreniya Programmnykh Kompleksov na Osnove Tekhnologii Informatsionnogo Modelirovaniya (BIM-Tekhnologii). *Engineering Journal of Don.* 2017;2. (In Russ.). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057 (accessed: 07.06.2023).

11. Grishina NM, Mitsko DI. Development and Implementation of the BIM-Standard: a Study of Management Practices in Construction. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2017;3(41):266–276. (In Russ.). URL: https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhernala/novye-vypuski-za-2-goda?annot=sod3_2017&idizv=43 (accessed: 09.06.2023).

12. Sheina SG, Petrov KS, Fedorov AA. Research of the Stages of Development of BIM-Technologies in World Practice and Russia. *Construction and Industry Safety*. 2019;14(66):7–14. (In Russ.).

13. Ahmed S. Barriers to Implementation of Building Information Modeling (BIM) to the Construction Industry: a Review. *J. Civil Eng. Construct.* 2018;7(2):107–113. https://doi.org/10.32732/jcec.2018.7.2.107

14. Sharmanov VV, Mamaev AE, Boleiko AS, Zolotova YuS. Difficulties of Incremental BIM Implementation. *Construction of Unique Buildings and Structures.* 2015;(10):108–120. https://doi.org/10.18720/CUBS.37.8 (In Russ.).

15. Ghaffarianhoseini A, Tookey J, Ghaffarianhoseini A, Naismith N, Azhar S, Efimova O, et al. Building Information Modelling (BIM) Uptake: Clear Benefits, Understanding its Implementation, Risks and Challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 2017;75:1046–1053. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083

16. Kozlova TI. The Information Model of a Real Object of Cultural Heritage as a New Tool to Work Museumification Practice. *Tomsk State University Journal of History.* 2013;3(23):33–37. (In Russ.).

17. Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. *BIM Handbook. Second edition*. NJ: Wiley; 2011. 626 p.

18. Krygiel E, Niec B. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. NJ: Wiley; 2008. 310 p.

Поступила в редакцию 30.08.2023
Поступила после рецензирования 06.09.2023
Принята к публикации 09.09.2023

Об авторах:

Дымченко Марина Евгеньевна, доцент кафедры «Строительные материалы» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), кандидат философских наук, kapitel1073@yandex.ru

Наумов Алексей Александрович, доцент кафедры «Вычислительные системы и информационная безопасность», «Строительные материалы» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), кандидат технических наук, доцент, ORCID, alexej_naumov@list.ru

Заявленный вклад соавторов:

М.Е. Дымченко — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, сбор данных, анализ результатов исследований, подготовка текста, формулирование выводов.

А.А. Наумов — планирование, организация исследований, корректировка текста.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Received 30.08.2023
Revised 06.09.2023
Accepted 09.09.2023

About the Authors:

Marina E. Dymchenko, Cand.Sci.(Philosophy), Associate Professor of the Building Materials Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), kapitel1073@yandex.ru

Aleksey A. Naumov, Cand.Sci.(Engineering), Associate Professor of the Computer Systems and Information Security and Building Materials Departments, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID, alexej_naumov@list.ru

Claimed contributorship:

ME Dymchenko — formulating the main concept, aims and objectives of the research, data collection, research results analysis, preparing the text, formulating the conclusions.

AA Naumov — planning, organisation and implementation of research, research results analysis, correcting the text.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.